

Design de Interfaces Tangíveis Educacionais: uma Metodologia Baseada em Contexto

Taciana Pontual Falcão
Centro de Informática da UFPE
Caixa Postal 7851
Cidade Universitária - 50732-970 - Recife
+55 81 34533161
tprf@cin.ufpe.br

Alex Sandro Gomes
Centro de Informática da UFPE
Caixa Postal 7851
Cidade Universitária - 50732-970 - Recife
+55 81 21268430 (4031)
asg@cin.ufpe.br

ABSTRACT

Manipulatives are common tools in Mathematics classrooms of elementary school. Tangible interfaces aggregate the benefits of traditional manipulatives with the new forms of interaction provided by technology. This work proposes a methodology for the development of tangible interfaces for Mathematics teaching which would be suitable for Brazilian classrooms. To reach this aim, our design process is based on socio-culturalist principles and usability guidelines, placing the context-of-use analysis as a phase of utmost importance.

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [User Interfaces], K.3.1 [Computer Uses in Education].

Keywords

Tangible interfaces, Mathematics learning, context.

1. INTRODUÇÃO

Existem muitas dificuldades conhecidas no processo de ensino-aprendizagem da Matemática. Materiais concretos (também conhecidos como manipulativos) desenvolvidos para auxiliar neste processo representam uma alternativa bastante atraente entre os educadores. Manipulativos são objetos projetados para representar explicitamente e concretamente conceitos matemáticos que são abstratos. Eles têm apelo tátil e visual e podem ser manipulados diretamente pelos alunos [8]. Exemplos de tais materiais são o geoplano, material dourado, escala Cuisinaire, blocos Dienes, sólidos geométricos e jogos de encaixe [7]. Os manipulativos são comuns em sala de aula e há muitos trabalhos que apóiam seu uso [8]. A idéia de que experiências perceptuo-motoras são importantes na aprendizagem da Matemática não é nova. Ela é frequentemente associada ao uso de manipulativos, que fazem parte de uma longa tradição com grandes nomes como Montessori, Cuisinaire, Froebel e Dienes. Esses e outros educadores perceberam que alunos ficam engajados com materiais que eles podem pegar com as mãos e mover fisicamente, gerando uma intensidade e *insight* que não estão presentes quando eles estão simplesmente observando um

display visual como um quadro negro, um livro ou uma tela de computador [10].

Até recentemente, computadores tinham pouca ligação com este mundo dos manipulativos que tanto encantam as crianças. No máximo, eram feitas simulações na tela dos computadores, sem contudo atingir os mesmos efeitos dos objetos físicos [2]. Quando a computação está presa ao *desktop*, com o teclado e tela padrão, há poucas experiências diferentes a se experimentar [1]. Aos poucos, isto está mudando, na medida em que a “computação” refere-se a algo mais que apenas ao uso de computador pessoal enquanto objeto do uso, e a tecnologia educacional é associada a outros meios que apenas *software* educativo [2]. O computador está se espalhando pelo ambiente físico através de computação embarcada ou ubíqua, realidade aumentada, entre outras abordagens [2]. Assim, a agregação de tecnologia a manipulativos cria um novo conceito de artefatos educacionais, que se enquadram na categoria das chamadas interfaces tangíveis.

2. INTERFACES TANGÍVEIS

As interfaces tangíveis fazem parte de um corpo maior de tecnologia em desenvolvimento conhecido como computação ubíqua (ubicom), em que a tecnologia está a tal ponto embutida no mundo físico que chega a tornar-se “invisível”. O conceito de ubicom (1988) deriva de Mark Weiser [13] *apud* [12] e seu trabalho na *Xerox Palo Alto Research Center*. Segundo Weiser, este tipo de tecnologia é uma tecnologia calma - ela pode ser integrada ao nosso ambiente como parte ordinária de nossas vidas cotidianas, sem sobrecarregá-las [12]. Uma idéia central da ubicom é a de uma interação natural através das interfaces. Apesar da tela, teclado e mouse serem ferramentas úteis para suportar tarefas genéricas associadas ao computador, elas podem não ser ótimas em muitas situações de uso, em que formas mais naturais de interação são desejadas [12]. As interfaces tangíveis buscam mudar o paradigma tradicional de entrada e saída, criando novas possibilidades de interação que juntam os mundos físico e digital [3].

Quando se fala de interface tangível, é preciso ressaltar que existe um significado embutido na representação incorporada no dispositivo, o que o diferencia de um *mouse*, por exemplo [3]. Um *mouse* não tem um significado próprio na cultura, ele não tem o propósito de representar algo. Ele é apenas uma ferramenta de entrada. As interfaces tangíveis, ao contrário, são ferramentas de interação que possuem um significado próprio, fortemente acoplado ao objetivo da atividade em questão.

Existem diversas pesquisas envolvendo interfaces tangíveis específicas para educação. Uma das abordagens, com a qual este

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission from authors.

IHC 2006 – VII Simpósio Sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. Novembro, 2006, Natal, Rio Grande do Norte, Brazil. SBC.2006 ISBN 85-7669-099-3 /06/0011.

trabalho se alinha, trata de artefatos físicos com computação embarcada na qual a própria interface tangível é responsável pela entrada e saída, sem que computadores pessoais estejam envolvidos. São os manipulativos digitais. Alguns exemplos de manipulativos digitais já desenvolvidos no campo acadêmico são: *BitBall*, que trabalha com conceitos físicos e *Digital MiMs*, que passam noções de dinâmica de sistemas (*MIT Tangible Media* - <http://tangible.media.mit.edu>); *Stackables* e *Beads* (*Lifelong Kindergarten* - <http://llk.media.mit.edu>), que utilizam conceitos de programação para criação de padrões.

As interfaces tangíveis representam novas possibilidades, algumas relativamente simples e baratas. O ponto não é a sofisticação da tecnologia, mas as formas inovadoras e bem adaptadas de interação e as novas possibilidades de aprendizagem que ela provê [11].

3. METODOLOGIA

Apesar das muitas evidências de que a atividade física com objetos concretos ajuda na aprendizagem, seus benefícios dependem de vários fatores [11]. Alguns manipulativos têm uma aparência bonita e colorida, mas pouca relação com conceitos matemáticos [8]. Manipulativos são úteis na medida em que eles encorajam crianças a pensar durante a resolução do problema [4]. É importante que a interface direcione a atenção do aprendiz para o objetivo da atividade, sem atrapalhar sua aprendizagem [11].

Queremos propor uma metodologia para o desenvolvimento de manipulativos digitais para ensino da matemática nas séries iniciais do ensino fundamental, que venham a favorecer a colaboração presencial em pequenos grupos de usuários. Com a preocupação de conceber produtos úteis, efetivos para a aprendizagem e adequados às atividades reais de salas de aula brasileiras, tomaremos como base princípios teóricos sócio-culturais e diretrizes de usabilidade, que serão refletidos no nosso processo de *design*.

3.1. A Importância do Contexto

Nesta seção, descrevemos brevemente os princípios e diretrizes seguidos para incorporar o contexto de uso do futuro produto ao processo de *design*.

3.1.1. Princípios Teóricos Sócio-Culturais

A Teoria da Atividade, desenvolvida por Leont'ev de acordo com teoria sócio-cultural de Vygotsky, estuda a prática humana situadamente, dentro do seu contexto, abrangendo todos os fatores sócio-culturais que a afetam. Tais fatores incluem os objetivos do sujeito, os artefatos que ele utiliza, a comunidade em que ele está inserido e as regras desta comunidade. Os artefatos, ou ferramentas, são considerados mediadores entre as pessoas e ambiente. Segundo a Teoria da Atividade, a atividade humana não pode ser compreendida sem que se compreenda o papel dos artefatos na nossa existência diária, especialmente o modo como estes artefatos estão integrados à prática social [9]. Tais princípios sócio-culturais dão base aos argumentos de Meira (1998), que afirma que não devem ser feitas conclusões precipitadas sobre a efetividade e adequação de dispositivos como ferramentas de aprendizagem sem levar em consideração o contexto em que eles serão usados e as perspectivas e histórias de seus usuários. A análise do instrumento em si é válida, mas não é suficiente; deve haver uma ênfase no contexto de uso do material [6]. Dispositivos de aprendizagem devem ser considerados sempre em relação a

alguma tarefa, sistema de atividades e contexto cultural no qual eles fazem sentido [6].

3.1.2. Diretrizes de Usabilidade

Diretrizes que visam garantir a usabilidade de artefatos tecnológicos, definidas pelo padrão ISO, refletem a preocupação cada vez mais presente com o estudo do contexto [5] no processo de *design*.

Quando um produto é desenvolvido, ele será usado em um contexto particular, por uma população de usuários com certas características. O produto será usado dentro de ambientes técnicos, físicos, psicológicos, sociais ou organizacionais que podem afetar seu uso. Portanto, antes de se desenvolver um produto, é necessário entender o seu contexto de uso.

O padrão ISO 9241 enfatiza que a usabilidade de um produto é afetada não somente pelas características do produto em si, mas também pelas circunstâncias específicas em que o produto é usado. O contexto de uso também é incorporado à ISO 13407, que trata de *design* centrado no usuário. O ciclo de *design* centrado no usuário define o processo de se entender e especificar o contexto de uso como um dos principais estágios no processo.

3.2. Processo de Design

Para chegar à concepção de inovações tecnológicas, queremos propor um *framework* genérico, baseado em *design* iterativo e centrado no usuário, para desenvolvimento de interfaces tangíveis educacionais.

3.2.1. Fase 1: Análise de Competidores

Antes de se desenvolver um produto, é fundamental fazer uma pesquisa detalhada acerca do que já foi ou está sendo desenvolvido na mesma área de pesquisa.

3.2.2. Fase 2: Compreensão do Contexto

Para conhecer e compreender o contexto de uso do futuro artefato, lançamos mão dos seguintes métodos:

- **observação:** fundamental para se compreender o funcionamento, dinâmica, regras, rotina e dificuldades da sala de aula;
- **entrevistas semi-estruturadas:** complementação para a observação. Professores são informantes-chave que podem dar contribuições valiosas, e alunos também podem ser ouvidos quanto às suas opiniões e preferências na escola.

Desta fase são extraídos os elementos do contexto e os requisitos genéricos do produto.

3.2.3. Fase 3: Criação

Nesta fase, é preciso focar no(s) conceito(s) que o produto pretende ensinar.

- **observação de situações de ensino induzidas:** o pesquisador deve preparar atividades didáticas que envolvam o conceito em questão, e aplicá-las a um grupo de 2 ou 3 alunos. Sugerimos a filmagem da sessão, para análise detalhada. O objetivo desta sessão é identificar as principais dificuldades dos alunos para compreensão do conceito.

Esta fase deve gerar os *insights* que levem à idealização de uma inovação tecnológica tangível que possa amenizar as dificuldades identificadas.

3.2.4. Fase 4: Prototipação

Nesta fase, o produto idealizado é analisado através de diversas técnicas de prototipação, para verificar sua adequação ao contexto e efetividade.

- **cenários:** cenários futuros caricaturados, levando aos extremos positivo e negativo as situações de uso do produto, são uma forma de prototipação rápida e de baixíssimo custo que podem evidenciar falhas e problemas em potencial;
- **prototipação em vídeo:** os projetistas encenam uma “peça” como usuários em cenários distintos usando protótipos simples (em materiais alternativos como madeira ou plástico). Podem ser também contratados atores profissionais. Esta técnica pode ser difícil por estarmos tratando de crianças;
- **prototipação de alta fidelidade:** é feita uma implementação parcial do produto, a ser testada com crianças no contexto da sala de aula.

A fase de prototipação deve realimentar o ciclo de *design*, à medida que problemas sejam identificados, novos requisitos sejam encontrados ou novas idéias sejam geradas. O encerramento do processo se dá com a fase de implementação final do protótipo aprovado.

4. RESULTADOS PARCIAIS

Nosso estudo de caso aborda o ensino de frações nas 3ª e 4ª séries do Ensino Fundamental. Apresentamos nesta seção os resultados parciais da pesquisa, ainda em andamento.

4.1. Compreensão do Contexto

Foram feitas observações em salas de aula do Ensino Fundamental em duas escolas particulares e uma escola pública da cidade do Recife. Além disso, 12 professoras de Ensino Fundamental foram entrevistadas, das quais 8 já ensinaram ou ensinam em escola pública. As entrevistas foram semi-estruturadas, e tiveram como objetivo principal investigar o uso e o impacto de materiais concretos auxiliares nas aulas de Matemática, em especial no ensino de frações. A experiência foi extremamente importante para se entender o contexto com o qual estamos lidando. Foi percebida uma grande diferença entre os contextos particular e público, tanto em relação a recursos e infraestrutura quanto a comportamento, estrutura emocional e domínio dos conteúdos pelos alunos.

4.1.1. Elementos do Contexto

Alguns dos elementos de contexto identificados foram:

- **Alunos:** 8 a 10 anos de idade. As crianças das escolas particulares são muito ativas, participativas, curiosas, exigentes, bem-informadas e com alto poder de observação e crítica. As crianças de escola pública pertencem à classe baixa e têm uma vida difícil, refletindo os problemas que trazem de casa em seu comportamento. São muito inquietas, barulhentas e agressivas. Elas têm grande dificuldade de concentração.
- **Professoras:** demonstram interesse, prazer e organização em seu trabalho, oferecendo diversidade de materiais e atividades no decorrer da aula. Nas escolas particulares, elas geralmente

conseguem manter os alunos sob controle, o que não é tão fácil nas escolas públicas, provocando cansaço, desânimo e irritação.

- **Dinâmica da sala de aula:** no contexto público, os alunos desrespeitam os colegas e a professora e em diversos momentos não seguem as atividades propostas. Atitudes como brigas corporais, insultos, gritos e brincadeiras indevidas repetem-se com frequência. As turmas são extremamente desniveladas. Na escola particular, a ansiedade em compartilhar seus conhecimentos torna as crianças barulhentas e propensas a quebrar as regras de comportamento em sala de aula. Em ambos os casos, a quantidade de alunos impede que a professora lhes dê atenção individual e os alunos mais inquietos acabam polarizando sua atenção.
- **Ferramentas mediadoras:** em escolas particulares é encontrada uma grande variedade de materiais, como: cartazes, mapas, alfabeto em plástico, esqueleto humano, livros paradidáticos, globo terrestre, aparelho de som, revistas, dicionários, jogos educativos como dominó matemático, quebra-cabeças, jogos de montagem, Conjunto Dourado e Escala Cuisinaire. Em escolas públicas, a variedade de materiais é menor.

4.1.2. Requisitos Identificados

A análise do contexto permitiu-nos derivar requisitos genéricos para o futuro artefato:

- **Interface amigável:** é essencial que a professora não encontre dificuldades para lidar com o produto, pois ela não pode ter sua atenção desviada das crianças. Ela deve ser capaz de manusear o equipamento sem perder o controle da aula, nem dedicar demais sua atenção ao aparelho. A interface deve ser a mais simples e sucinta possível, com opções claras e práticas.
- **Tempo de resposta:** um outro fator fundamental para que a professora não perca o controle da aula é o tempo de resposta do sistema. As crianças impacientam-se muito rapidamente, e pedir-lhes que aguardem enquanto o produto não está pronto prejudicaria o andamento da atividade.
- **Resistência e adequação ao usuário:** por ser projetado para crianças, o produto deve ser o mais resistente possível a quedas e atritos exagerados. Professoras e alunos têm queixas de materiais frágeis, que se tornam inutilizáveis rapidamente, ou materiais que exigem um nível de coordenação motora que as crianças ainda não têm. Computadores pessoais trazem muitas dificuldades por não funcionarem corretamente em muitas situações.
- **Portabilidade:** por ser uma interface tangível, o produto será constantemente deslocado e manuseado. Portanto, ele deve ser leve e fácil de ser transportado.
- **Segurança:** as crianças podem ter um comportamento muito agressivo, portanto os materiais usados não podem apresentar quaisquer riscos à integridade física dos alunos.
- **Baixo custo:** para que o produto seja adquirido pelas escolas particulares ou pelos governos, é fundamental que ele tenha um baixo custo.
- **Uso colaborativo:** a quantidade de alunos por sala impede que a professora lhes dê atenção individual. Uma alternativa possível é o trabalho em pequenos grupos. Esta prática é encorajada por pesquisadores da área da Educação, por ser considerada benéfica para a aprendizagem.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Os manipulativos são ferramentas comuns nas aulas de Matemática e há muitos trabalhos que apóiam seu uso [8]. Manipulativos digitais são interfaces tangíveis que unem as vantagens já presentes nos manipulativos tradicionais (como concretude e apelo visual) às possibilidades de colaboração e interação proporcionadas pela tecnologia.

Este trabalho propõe uma metodologia para desenvolvimento de manipulativos digitais para ensino da Matemática, que se adequem à realidade das salas de aula brasileiras. Para isso, o estudo do contexto, defendido por princípios sócio-culturais assim como por diretrizes de usabilidade, é posto como etapa fundamental do processo de *design*.

Os resultados parciais desta pesquisa mostram a grande riqueza de dados extraídos do contexto estudado. A fase de compreensão do contexto permitiu a derivação de vários requisitos para o futuro produto, além de revelar informações gerais importantes que serão refletidas na fase de concepção. As próximas etapas do trabalho incluem um estudo mais aprofundado acerca das dificuldades conceituais das crianças com o tema escolhido (frações), para a partir daí gerar uma interface tangível que possa auxiliar a aprendizagem dos alunos, sendo uma solução viável e adequada à nossa realidade.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Eisenberg, M. Mindstuff: Educational Technology Beyond the Computer. *Convergence*, 9, 2 (2003).
- [2] Eisenberg, M., Eisenberg, A., Hendrix, S. et al. As We May Print: New Directions in Output Devices and Computational Crafts for Children. IDC 2003. 7, 3.
- [3] Ishii, H., Ullmer, B. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. CHI'97.
- [4] Kamii, C., Lewis, B., Kirkland, L. Manipulatives: when are they useful? *J. Math. Behavior*, 20, 1, (2001), 21-31.
- [5] Maguire, M. Context of Use within usability activities. *Int J. Human-Computer Studies*, 55 (2001), 453-483.
- [6] Meira, L. Making sense of instructional devices: the emergence of transparency in mathematical activity. *J. for Research in Mathematics Education*, 29, 2 (1998), 121– 142.
- [7] Moura, M. A séria busca no jogo: do lúdico na Matemática. In Kishimoto, T. (Org.) *Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação*. 2 ed. São Paulo, Cortez Editora, 1997, 73-87.
- [8] Moyer, P. Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 47, 2 (2001), 175–197.
- [9] Nardi, B. Activity theory and HCI. In Nardi, B. (Ed.) *Activity Theory and HCI*, 7–16. MIT Press, 2001.
- [10] Nemirovsky, R., Borba, M. Perceptuo-motor activity and imagination in Mathematics learning. *PME* 27. (2003), v.1, 103-104.
- [11] O'Malley, C., Fraser, D. S. Literature Review in Learning with Tangible Technologies. Report 12, *NESTA Futurelab Series*. 2004.
- [12] Rydenhag, T. *Design for Free Play*. MsC. Thesis, University of Göteborg, Sweden, 2003.
- [13] Weiser, M. The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265, 3 (1991), 94-104.